"مجله علوم زراعي ايران"
جلد هشتم، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۵

تغييرات مورفولوژيكي ناشي از همزيستي اندوفايت‌ها با دو گونه فستوكا در بروز مقاومت به سرما

Morphological changes affected by endophytes on induction of cold tolerance in two species of Festuca

مهديه پارسائيان[۱]، آقا فخر ميرلوحي[۲]، عبدالمجيد رضائي[۳] و مهدي برادران[۴]

چكيده

پارسائیان، م.، آ. میرلوحی، ع. رضائی و م. برادران. ۱۳۸۳. تغییرات مورفولوژیکی ناشی از همزیستی اندوفایت‌ها با دو گونه فستوکا در بروز مقاومت به سرما. مجله علوم زراعی ایران. جلد هشتم، شماره ۲۰، صفحه: ۱۳۹ تا ۱۵۲.

به منظور بررسي تغييرات مورفولوژيكي ناشي از همزيستي اندوفايت‌ها با دو گونه فستوكا در بروز مقاومت به سرما، پژوهشي در سال ۱۳۸۱ در دانشگاه صنعتي اصفهان به اجرا در آمد. به اين منظور كلون‌هايی آلوده به قارچ اندوفايت و عاري از آن از دو توده گياه فسكيوي بلند با شماره‌هاي ۷۵ و۸۳ و يك گياه فسكيوي مرتعي با شماره ٦۰ تهيه گرديد.كلون‌ها تحت تأثير تيمارهاي دمايی شامل ٦ ،۲- ،۱۰- درجه سانتي‌گراد مورد مطالعه قرار گرفته و با شاهد (۲۰ درجه سانتي‌گراد) مقايسه شدند. آزمايش در هر تيمار دمايي در قالب آزمايش فاكتوريل با طرح پايه كاملا تصادفي در سه تكرار اجرا گرديد. تجزيه‌های آماري در هر سطح سرمايي به طور جداگانه و سپس به صورت تجزيه مركب انجام شد. پس از اعمال تيمارها صفات وزن خشك اندام هوايي، ريشه و طوقه، تعداد پنجه، ضخامت كوتيكول برگ و ميزان رشد مجدد اندازه‌گيري شد. حضور اندوفايت‌ها در افزايش وزن خشك اندام هوايي، ريشه و طوقه و تعداد پنجه در مقايسه با عدم حضور آن تأثير معني‌داري داشت. اين قارچ‌ها برضخامت كوتيكول برگ اثر معني‌داري نداشتند. ارزيابي رشد مجدد پس از رفع تنش نشان داد كه اندوفايت‌ها نه تنها در مواردي از افت بيش از حد تعداد پنجه در نتيجه تنش جلوگيري كردند، بلكه گاهي افزايش در رشد را نيز موجب شدند. در ميان ژنوتيپ‌هاي مورد بررسي ژنوتيپ شماره ۸۳ به ويژه در حضور اندوفايت از نظر بسياري از صفات بررسي شده كارآتر عمل كرده و مقاومت به سرماي بيشتري از خود نشان داد. ژنوتيپ‌هاي شماره ۷۵ و ٦۰ در مراتب بعدي قرار گرفتند.

واژه‌هاي كليدي: قارچ‌هاي اندوفايت، مقاومت به سرما، فستوكا، صفات مورفولوژيك.

تاريخ دريافت: ۱۳۸۳/۵/۱۲

۱ـ دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی اصفهان (مکاتبه کننده)
۲ـ دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان
۳ـ استاد دانشگاه صنعتی اصفهان
۴ـ دانشجوی دکتری دانشگاه تبریز

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تنش‌های محیطی از مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد در سطح جهان هستند. سرما، به عنوان یکی از تنش‌های محیطی غیرزنده، از عوامل مهم اکولوژیک حاکم بر توزیع گونه‌ها و پتانسیل عملکرد گیاهان شناخته شده است (میرمحمدی میبدی، ۱۳۷۹).

کشف رابطه همزیستی مطلوب بین گیاهان مرتعی (از جمله جنس فستوکا که دارای اهمیت علوفه‌ای و سازگاری وسیع هستند) با قارچ‌های اندوفایت، متخصصان اصلاح نباتات را به استفاده از این رابطه در ایجاد گیاهان دارای عملکرد بهینه و عادات رشدی کارآتر در شرایط تنش ترغیب کرده است.

اندوفایت‌های علفی، قارچ‌هایی از خانواده *Clavicipitaceae* و از جنس *Neotyphodium* هستند که گراس‌های زیرخانواده *Poaceae* را به صورت سیستمیک آلوده می‌کنند (Malinowski and Belesky, 2000).

حضور اندوفایت‌ها در گیاهان میزبان، مزایای فراوانی را برای آن‌ها به ارمغان می‌آورد که از آن جمله به مقاومت به تنش‌های زیستی، شامل حفاظت در برابر حشرات، بیماری‌های قارچی، باکتری‌ها، ویروس‌ها و نماتدها و مقاومت به تنش‌های غیرزنده همچون خشکی، مقابله با اثرات سمیت عناصر و تغییرات pH و اعطای خصوصیات مطلوب زراعی مانند افزایش عملکرد (دانه و علوفه) بهبود فتوسنتز و رشد، افزایش دوام گیاه و مبارزه آللوپاتیک با علف‌های هرز می‌توان اشاره کرد (Arachevaleta *et al*., 1989; Liu *et al*., 1996; Malinowski and Belesky, 2000; Marks and Clay, 1996; Siegel *et al*., 1981; White, 1987). خصوصیات با ارزش فنوتیپی و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی از جمله سرما در پی یکسری تغییرات مورفولوژیک و فیزیو لوژیک در گیاه آلوده به قارچ اندوفایت حاصل می‌گردد. مالینووسکی وبلسکی (Malinowski and Belesky, 2000) اظهار داشتند که در شرایط تنش آب کشیدگی، گیاه فسکیوی بلند حاوی اندوفایت در مقایسه با گیاه فاقد اندوفایت، کربوهیدرات‌های بیشتری را در برگ و غلاف برگ ذخیره می‌کند، که این ترکیبات در تعدیل فشار اسمزی در شرایط خشکی (و احتمالاً تنش سرما) نقش مهمی ایفا می‌کنند. بررسی‌های آراچوالتا و همکاران (Arachevaleta *et al*., 1989) مشخص کرد، که گیاهان آلوده به اندوفایت پهنای برگ کمتر و ضخامت برگ بیشتری نسبت به گیاهان عاری از اندوفایت دارند. آن‌ها حفظ آب گیاه در آب کشیدگی‌های ناشی از تنش‌های رطوبتی (که از اثرات ثانویه یخ زدگی نیز هست) را از مزایای مهم این تغییر مورفولوژیک دانستند.

کاهش رشد ریشه در اثر کاهش دما، خود باعث کم شدن ظرفیت جذب آب و مواد معدنی توسط ریشه و به دنبال آن ظهور اثرات ثانویه ناشی از کمبود مواد غذایی و اختلال در رشد گیاه می شود. حضور اندوفایت‌های قارچی در القاء ریشه‌دهی عمیق‌تر و متراکم‌تر و در نتیجه جذب آب بیشتر مؤثر است (White, 1987). خصوصیت مذکور می‌تواند در جبران بخشی از خسارات ناشی از آب کشیدگی سلول‌ها در تنش سرما مورد توجه قرار گیرد. ضمن آنکه ریشه‌دهی عمیق‌تر، ریشه‌ها را از خطر قرار گرفتن در معرض نوسانات دمایی شدید در لایه‌های فوقانی خاک در چرخه‌های ذوب و یخ‌زدگی متناوب زمستانه مصون نگاه می‌دارد.

تحمل به سرما با وزن خشک طوقه همبستگی مثبت دارد (Adak and Eser, 1993). در همین مورد هیل و همکاران (Hill *et al*., 1990) گزارش کردند که وزن طوقه در گیاهان آلوده به قارچ بیشتر از گیاهان عاری از قارچ است. گیاهان حاوی اندوفایت همچنین از رشد مجدد بسیار سریع‌تری نسبت به گیا هان فاقد اندوفایت برخوردارند. این رشد سریع پس از یک دوره تنش خشکی در شرایط مزرعه، قدرت رقابتی بیشتری را به گیاهان حاوی اندوفایت در مقایسه با گیاهان عاری از اندوفایت و شاید گونه‌های دیگر مرتعی اعطا می‌کند (Arachevaleta *et al*., 1989). گیاهان فاقد

Archive of SID

www.SID.ir

انـدوفایت افـت پنجـه بیـشتری در شـرایط تـنش‌هـای محیطـــی دارنـــد کـــه آراچوالتـــا و همکـــاران (Arachevaleta *et al.*, 1989) ایـن میـزان را در تـنش خشکی حدود ۷۵ درصد ذکر کردند.

با توجه به اثرات گزارش شده قارچ‌های اندوفایت در القاء ریشه‌دهی عمیق‌تر و متراکم‌تر و جـذب آب بیـشتر، لوله‌ای شدن برگ‌هـا، پنجـه‌زنـی و تجمـع مـاده خـشک بیشتر به ویژه در مناطق رشدی حساس گیاه (طوقـه‌هـا) و طوقه‌های عمیق‌تر،که همگی قدرت گیاه را در مقابلـه بـا تنش سرما افزایش مـی‌دهنـد، بـه نظـر مـی‌رسـد کـه ایـن قارچ‌ها حـضور معنـی‌داری در القـاء صـفت مقاومـت بـه سرما داشته باشند. اما، علی‌رغم مطالعات انجام شده برای درک اثر اندوفایت‌ها در بهبود واکنش گیاهان نسبت بـه شرایط نامساعد محیطی، تاکنون گزارشی مبنـی بـر تـأثیر اندوفایت‌ها در مواجه شـدن گیـاه بـا تـنش دمـای پـائین، منتشر نشده اسـت. تحقیـق حاضـر گـامی نخـستین بـرای بررسی این جنبه از همزیستی اندوفایت است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۱ در دو بخش گلخانـه‌ای و آزمایشگاهی در دانـشکده کـشاورزی، دانـشگاه صـنعتی اصفهان بـه اجـرا درآمـد. مـاده آزمایـشی مـورد اسـتفاده شامل سـه کلـون بـود. دو کلـون از گیـاه فـسکیوی بلنـد (ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ و۸۳) که هگزا پلویید هـستند و یک کلون از گیاه فسکیوی مرتعی (ژنوتیـپ شـماره۶۰) که دیپلوئید است.

پس از کاشت بذرهای آلوده هر یک از ژنوتیپ‌های ۶۰، ۷۵ و۸۳ گیاهچه‌هـای حاصـل از نظـر تعیـین حـضور قـارچ‌هـای انـدوفایت بررسـی شـدند، بـه ایـن منظـور نمونـه‌هـایی از بافـت غـلاف بـرگ از هـر بوتـه تهیـه گردیـد و پـس از رنـگ‌آمیـزی بـا رنـگ رزبنگـال (Shelby and Dalrymple, 1987) مـــورد مـــشاهده میکروسـکوپی قـرار گرفتنـد (Marks and Clay, 1996). سپس از هر ژنوتیپ یک بوته که دارای حـداکثر تـراکم هیف قارچ در بافت غلاف برگ و نیز نمود عالی گیاهی بود انتخاب گردید و در کلون‌سازی مـورد اسـتفاده قـرار گرفت، به نحوی که پنجه‌های بوته مورد نظر به دو بخش تقـسیم شـدند و یـک بخـش ازآن بـرای حـذف قـارچ استفاده شد.

به منظور حذف قارچ‌های اندوفایت از گیاهان میزبان از روش شـیمیایی بـا اسـتفاده از تیمـار قـارچ‌کـش‌هـای سیـستمیک فولیکـور و پروپیکونـازول اسـتفاده گردیـد (Saha *et al.*, 1988). قارچ‌کش فولیکور بـه مقـدار یـک میلی‌لیتر در لیتر باعـث حـذف قـارچ ژنوتیـپ شـماره ۶۰ گردید و برای حذف قارچ دو ژنوتیپ دیگرمخلـوطی از دو قـارچ‌کـش فولیکـور و پروپیکونـازول بـه ترتیـب بـا مقادیریک میلی‌لیتر در لیتر و ۲ گرم مـاده مـؤثره در لیتـر مناسب بود. محلول‌پاشـی هفتـه‌ای دو بـار و بـه مـدت دو هفته انجام شد. پس از اطمینان از حذف قارچ، پنجه‌هـای حـاوی انـدوفایت و عـاری از انـدوفایت هـر ژنوتیـپ در کرت‌های مجزا کشت گردیدند. بعد از گذشت ۳ مـاه از استقرار گیاهچه‌هـا و تولیـد پنجـه‌هـای کـافی، سـه پنجـه هـم انـدازه از کلـون‌هـای هـر تـوده، پـس از کـشت در گلدان‌های اصلی به گلخانه انتقال یافتند تا پنجـه و ریـشه جدید تولید کنند.

تیمارهـــای دمـــایی شـــامل ۶، ۲- و ۱۰- درجـــه سانتی‌گراد بودند کـه همـراه بـا یـک شـاهد (۲۰ درجـه) مورد مطالعه قرار گرفتند. مـدت زمـان اعمـال هـر سـطح تیمار سرمایی ۲۰ روز بـا یـک فتوپریـود ۱۲ سـاعته بـود. به منظور جلوگیری از ایجاد شوک سرمایی، گلدان‌ها بـه تدریج در تیمارهای سرمایی قرار گرفتنـد. جهـت اعمـال تیمـار سـرمایی بـالای صـفر از یخچـال و بـرای اعمـال تیمارهای زیر صـفر از یـک دسـتگاه فریـزر قابـل تنظـیم استفاده شد.

سه ژنوتیپ شماره ۷۵، ۶۰ و۸۳ در دو وضعیت وجـود و عـدم انـدوفایت در تیمـار هـای دمـایی مـذکور قـرار گرفتند. آزمایش بـه صـورت فاکتوریـل در قالـب طـرح پایه کاملا تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمـد و تجزیـه

Archive of SID

www.SID.ir

واریانس داده‌ها در هر سطح سرمایی به طور جداگانه و سپس به صورت تجزیه مرکب انجام شد.

پس از اعمال تیمارهای دمایی، وزن خشک بخش هوایی، ریشه و طوقه در هرگلدان اندازه‌گیری شد. تعداد پنجه در هر گلدان ۱۰ روز بعد از شروع تنش شمارش گردید. به منظور ارزیابی رشد دوباره، در پایان تیماردهی، گیاهان به مدت یک ماه در شرایط تیمار شاهد قرار داده شدند. سپس تعداد پنجه موجود در هر گلدان شمارش گردید و به عنوان معیاری برای ارزیابی رشد مجدد در نظر گرفته شد. تغییرات در رشد بر حسب درصد افزایش یا افت تعداد پنجه موجود در مقایسه باتعداد پنجه‌های قبلی گزارش گردید.

پس از اعمال هر تیمار دمایی، مقطع‌هایی از برگ‌های دوم از بالا که برگ‌هایی جوان ودر عین حال رشد یافته بودند، تهیه شد و رنگ‌آمیزی مضاعف با رنگ‌های سبز متیل و کارمن زاجی انجام شد که مراحل آن به شرح زیر است:

الف) قرار دادن نمونه‌ها در محلول تثبیت کننده، به مدت یک ماه.

ب) تهیه مقطع از قسمت‌های مختلف گیاه به روش دستی با استفاده از تیغ و یونولیت.

ج) قرار دادن برش‌های تهیه شده در آب ژاول به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه و سپس شستشو با آب مقطر.

د) قرار دادن نمونه‌ها در اسید استیک ۱ درصد به مدت ۱ تا ۳ دقیقه و سپس شستشو با آب مقطر.

هـ) قرار دادن نمونه‌ها در محلول رنگی سبز متیل به مدت ۳۰ تا ٦۰ ثانیه و سپس شستشو با آب مقطر.

و) قرار دادن نمونه‌ها در محلول رنگی کارمن زاجی به مدت ۱۰-۱۵ دقیقه و سپس شستشو با آب مقطر.

نمونه‌های آماده شده توسط میکروسکوپ از لحاظ ضخامت کوتیکول برگ مشاهدگردیدند. با استفاده از گلیسیرین به جای آب مقطر در هنگام تهیه اسلاید، نمونه‌ها تا چند هفته قابل مشاهده و بررسی شدند.

نتایج وبحث

وزن خشك اندام هوايي

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ و اندوفایت در سطوح مختلف دمایی بود (جداول ۱، ۳، ۵ و ۷). در کلیه دماها، سطح دارای اندوفایت و ژنوتیپ شماره ۸۳ از لحاظ این صفت در گروه‌های برترآماری قرار گرفتند. میزان افزایش وزن خشک اندام هوایی در حضور اندوفایت در مقایسه با عدم حضور آن در دماهای شاهد، ٦، ۲- و ۱۰- درجه سانتی‌گراد به ترتیب برابر ٦۰، ۳٤، ۳٤ و ۲۳ درصد بود. همچنین با توجه به مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل در شرایط تنش ژنوتیپ E^{+} ۸۳ (حاوی اندوفایت) مقادیر بیشتری از وزن خشک اندام هوایی را دارا بود (جداول ۲، ٤، ٦ و ۸). مالینوسکی و همکاران (Malinowski *et al.*, 1997) نیز اظهار داشتند که گراس‌های آلوده به قارچ به علت دارا بودن زیست توده بیشتر، قدرت رقابت بیشتری نسبت به گیاهان عاری از قارچ دارند. به عقیده آن‌ها افزایش وزن خشک اندام هوایی در نتیجه افزایش وزن پنجه‌ها است. آراچوالتا و همکاران (Arachevaleta *et al.*, 1989) دلیل افزایش وزن خشک اندام هوایی را کارآتر عمل کردن گیاهان حاوی اندوفایت در جذب مواد غذایی به ویژه نیتروژن عنوان کردند.

نتایج تجزیه مرکب بین سطوح دمایی مختلف نیز نشان داد که اثر ژنوتیپ، اندوفایت و ترکیب آن‌ها با یکدیگر و نیز ترکیب هر یک از آن‌ها با دما در سطح احتمال ۱ درصد بسیار معنی‌دار بود (جدول ۹). ژنوتیپ شماره ۸۳ حاوی اندوفایت در گروه برتر قرار گرفت و ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ و ٦۰ از نظرآماری به ترتیب در گروه‌های بعدی قرار گرفتند. بین دماهای مختلف نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت. وزن خشک اندام هوایی در تیمار شاهد، بیشترین مقدار و در ٦ درجه کمترین مقدار را داشت (جدول ۱۰). در تیمار ٦ درجه گیاهان پس از ایجاد خوگرفتگی، خود را با این

Archive of SID

www.SID.ir

دما تطابق داده و کربوهیدرات بیشتری را برای حفظ بقا به ناحیه ریشه و طوقه انتقال دادند.

وزن خشک ریشه

اثر ژنوتیپ و اندوفایت در دماهای مختلف بسیار معنی‌دار شد، اما ترکیب این دو فقط در تیمار شاهد معنی‌دار گردید (جداول ۱، ۳، ۵ و ۷). وزن خشک ریشه در حضور اندوفایت افزایش یافت (جدول های۲، ٤، ٦ و ۸). لچ (Latch, 1998) گزارش کرد که گیاهان فسکیوی بلند آلوده به اندوفایت وزن خشک ریشه بیشتر و ریشه‌های عمیق‌تری دارند. مالینووسکی و همکاران (Malinowski *et al.*, 1997) میزان این افزایش را در گیاهان حاوی اندوفایت ۷۰ درصد بیشتر از گیاهان عاری از قارچ ذکر کردند.

به جز تیمار شاهد که در آن ژنوتیپ شماره ٦۰ بیشترین وزن خشک ریشه را داشت، در سایر دماها ژنوتیپ ۸۳ از لحاظ آماری در گروه برتر قرار گرفت (جدول‌های ۲، ٤، ٦ و۸). اختلاف مشاهده شده با تفاوت فیزیولوژیکی بین ژنوتیپ‌های مختلف مرتبط و بیانگر این مطلب است که ژنوتیپ شماره ۸۳ در انتقال اسیمیلات‌ها به ریشه در شرایط تنش موفق‌تر عمل کرده است. بروز تنش در برخی ارقام اگرچه سبب باز دارندگی توسعه برگ می‌شود، اما ساخت اسیمیلات‌ها هنوز نزدیک به سطوح نرمال ادامه داشته و چون تنها مخزن در حال رشد در این شرایط، ریشه‌های موجود در عمق خاک هستند، اسیمیلات اضافی جهت رشد ریشه تغییر مکان می‌دهد.

در تجزیه واریانس مرکب (جدول۱۰) و در مقایسه میانگین بین دماها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ملاحظه نگردید. در بین اثرات متقابل (ژنوتیپ × اندوفایت) در تجزیه واریانس مرکب، ژنوتیپ‌های E^+ ٦۰ و E^+ ۸۳ بیشترین وزن خشک ریشه را در کلیه سطوح دمایی داشتند. و ژنوتیپ‌های E^- ٦۰ و E^- ۷۵ کمترین مقادیر را داشتند.

وزن خشک طوقه

طوقه جزو بخش‌های حساس گیاه است و سرمای زمستانه باعث ایجاد و توسعه سریع بلورهای یخ در داخل یاخته‌ها و تخریب بعدی ساختار پروتوپلاسمی آن گشته و غالباً با مرگ گیاه همراه است. در چنین شرایطی طوقه‌هایی که ذخیره کربوهیدرات بیشتر و به دنبال آن تجمع ماده خشک بیشتری دارند در تنش سرما به نحو بهتری محافظت خواهند شد (Olien and Smith, 1981).

در پژوهش حاضر (جداول ۱، ۳، ۵ و ۷) نیز بین ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت در کلیه سطوح دمایی تفاوت‌های بسیار معنی‌دار مشاهده گردید که می‌توان از آن در گزینش ژنوتیپ‌های برتر سود جست. ژنوتیپ شماره ۸۳ بیشترین وزن خشک طوقه را در شرایط تنش و کمترین میزان آن را در شرایط عدم تنش داشت، که بیانگر قابلیت بالای این ژنوتیپ در جهت سازگاری با تنش است. پس از آن ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ و ٦۰ در مراتب بعدی قرار گرفتند (جدول ۱۰). همچنین اثر اندوفایت در وزن خشک طوقه بسیار معنی‌دار شد (جداول ۱، ۳، ۵ و ۷) و گیاهان حاوی اندوفایت از نظر وزن خشک طوقه در گروه‌های برتر آماری قرار گرفتند (جدول‌های ۲، ٤، ٦ و ۸). نتایج نشان داد که اندوفایت‌ها وزن خشک طوقه را به میزان ۳۷ درصد افزایش دادند (جدول۱۰). اندوفایت‌ها با تولید هورمون گیاهی مواد غذایی بیشتری را به طوقه‌ها (که از مراکز عمده تجمع این قارچ‌ها در گیاه است) اختصاص می‌دهند و علاوه بر این که خود از این ذخایر فتوسنتزی تغذیه می‌کنند، نقش مهمی در پایداری گیاهان میزبان در شرایط تنش ایفا می‌کنند (White, 1987). ژنوتیپ‌ها در شرایط عادی کمترین میزان ماده خشک و در تنش ملایم ٦ درجه بیشترین تجمع ماده خشک طوقه را داشتند. این موضوع ممکن است به دلیل خوگرفتگی گیاهان به تنش سرما در این دما و در نتیجه انتقال بیشتر کربوهیدرات‌ها به نقطه رشدی حساس گیاه باشد، که قابلیت گیاه را در تحمل دماهای پائین‌تر (انجماد) افزایش خواهد داد.

Archive of SID

www.SID.ir

تعداد پنجه

بین ژنوتیپ‌ها و سطوح اندوفایت، از نظر تعداد پنجه تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود داشت (جدول‌های۲، ٤، ٦ و ٨). حضور اندوفایت‌ها افزایش معنی‌داری را از نظر تعداد پنجه در کلیه تیمارهای دمایی موجب شد، که در این میان تنها تیمار ۱۰- درجه مستثنی بود وهیچ اختلافی بین گیاهان حاوی اندوفایت و فاقد آن از نظر تعداد پنجه وجود نداشت (جدول ۸). این امر به این علت است که در دماهای بسیار سرد (انجماد) اندوفایت‌ها به جای ایفای نقش در جهت افزایش رشد و تولید پنجه‌های بیشتر، با تخصیص مواد غذایی به نقاط رشدی حساس، توان تحمل گیاه را در سپری کردن شرایط سخت و حفظ بقاء افزایش می دهند. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ شماره ۸۳ در کلیه سطوح دمایی تعداد پنجه بیشتری تولید کرد، ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ و ٦۰ به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند (جدول‌های ۲، ٤، ٦ و ٨).

به عقیده هیل و همکاران (Hill *et al*., 1990) عوامل محیطی مؤثر بر جریان انرژی از میزبان به طرف قارچ موجب تغییر در تنظیم‌کننده‌های رشدی قارچ و در نتیجه تحریک پنجه‌دهی در میزبان می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پدیده‌های تنظیم‌کنندگی نژاد قارچی موجود در ژنوتیپ شماره ۸۳ موفق‌تر عمل کرده و منجر به تولید تعداد پنجه بیشتر گردید.

رشد مجدد

در نتایج حاصل از رشد مجدد، مقادیر مثبت بیانگر درصد افزایش در رشد و مقادیر منفی نشان دهندهٔ درصد رشد منفی (افت در تعداد پنجه در مقایسه با تعداد پنجه‌های قبل از اعمال تیمار) هستند. در تیمار شاهد، ژنوتیپ شماره ۸۳ تعداد پنجهٔ جدید بیشتری تولید کرد. در این تیمار بین حضور و عدم حضور اندوفایت اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. در حالی که در تیمارهای ٦ و ۲- درجه حضور اندوفایت در مقایسه با عدم حضور آن درصد افت کمتری را در تعداد پنجه باعث شد. در این تیمارها با عنایت به معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ × اندوفایت (جداول ۱، ۳، ۵ و ۷)، مقایسهٔ میانگین این اثرات حاکی از برتری ژنوتیپ‌های شماره ۸۳ و ۷۵ در حضور اندوفایت بود. به طوری که در تیمار ٦ درجه نه تنها افت در تعداد پنجه‌های قبلی وجود نداشت، بلکه ۲۰ درصد افزایش در تعداد پنجه در ژنوتیپ‌های E^+ ۸۳ و E^+ ۷۵ مشاهده گردید (جدول‌های ۲، ٤، ٦، ۸ و ۱۰ و شکل ۱ و ۲). در شدیدترین سطح تنش(۱۰- درجه)، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در این تیمار تقریباً همهٔ پنجه‌ها از بین رفتند.

در تجزیه واریانس مرکب کلیه منابع تغییر اعم از اثر دما، ژنوتیپ اندوفایت و ترکیب آن‌ها معنی‌دار شدند (جدول ۹). بیشترین خسارت در تیمارهای ۱۰- و ۲- درجه حادث گردید، که به ترتیب در این تیمار ها، ۹۹ و ۹۷ درصد پنجه‌ها از بین رفتند. در حالی که در تیمار شاهد ۳۰ درصد افزایش در تعداد پنجه مشاهده گردید (جدول۱۰).

ریچاردسون و همکاران (Richardson *et al*., 1992) گزارش کردند که قارچ‌های اندوفایت قادر به تولید ترکیبات مهم و متنوعی از جمله کربوهیدرات‌های غیرساختمانی، گلوکز و فروکتوز در گیاهان میزبان هستند که از نظر اسمزی فعال بوده و در تعدیل فشار اسمزی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. این ترکیبات همچنین باعث افزایش قدرت رویش مجدد بعد از برداشت در گیاهان آلوده به قارچ می‌شوند. هیل و همکاران (Hill *et al*., 1990) ضمن تأئید گزارش‌های قبلی اظهار داشتند که اندوفایت‌ها از طریق تنظیم هورمونی سبب تخصیص کربوهیدرات‌های ذخیره شده برای رشد مجدد گیاهان میزبان می‌گردند.

مشاهدات میکروسکوپی از مقطع برگ

خصوصیت سطح خارجی گیاه و ویژگی‌های آب گریزی آن در جلوگیری از تشکیل یخ نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. ضخامت لایه‌های کوتیکولی ممکن

Archive of SID

www.SID.ir

است چنین نقش حفاظتی را در گیاه ایفا کند (میرمحمدی میبدی، ۱۳۷۹).

در مشاهدات میکروسکوپی تفاوتی بین گیاهان حاوی اندوفایت و فاقد آن از نظر ضخامت کوتیکول برگ، در هیچ کدام از سطوح دمایی، دیده نشد. تنها تفاوت مشاهده شده، مربوط به ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. به طوری که ضخامت کوتیکول در ژنوتیپ‌های شماره ۸۳ و ۷۵ دو برابر ژنوتیپ شماره ۶۰ بود. نظر به این که ژنوتیپ‌های شماره ۸۳ و ۷۵ هگزاپلوییـد بوده و ژنوتیپ ۶۰ دیپلوییـد است، احتمال می‌رود تفاوت مشاهده شده مربوط به سطح پلوییدی ژنوتیپ‌ها باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک طوقه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در ژنوتیپ‌های ۶۰، ۷۵، ۸۳ و سطوح حضور و عدم حضور اندوفایت، در تیمار شاهد

Table 1. Analysis of variance for shoot dry weight (SOW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in different genotypes, endophyte levels in control treatment

منبع تغییرات S.O.V.	صفات Trait	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوایی SDW	وزن خشک ریشه RDW	وزن خشک طوقه CDW	تعداد پنجه NT	رشد مجدد RG
Genotype	ژنوتیپ	2	0.90 **	3.78 **	0.29 **	456.72 **	347.39 **
Endophyte	اندوفایت	1	0.43 *	8.66 **	0.27 **	144.50 **	9.39^{ns}
G × E	ژنوتیپ × اندوفایت	2	3.85 **	4.70 **	0.48 **	292.17 **	1.72 ^{ns}
Error	خطا	12	0.06	0.04	0.01	2.33	15.44 ^{ns}
CV %	درصد ضریب تغییرات		9.07	8.18	12.94	4.68	13.12

* و ** : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns : غیرمعنی دار

ns: non- significant

جدول ۲- میانگین ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح اندوفایت و ترکیب این عوامل برای صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک طوقه ، تعداد پنجه و رشد مجدد، در تیمار شاهد

Table 2. Means of different genotypes, endophyte levels and combination of these factors for shoot dry weight (SOW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in control treatment

تیمارها Treatments	صفات Trait	وزن خشک اندام هوایی (گرم) SDW (g)	وزن خشک ریشه (گرم) RDW (g)	وزن خشک طوقه (گرم) CDW (g)	تعداد پنجه NT	رشد مجدد (درصد) RG (%)
ژنوتیپ 60		2.52 b	3.23 a	1.13 c	26 c	25 b
ژنوتیپ 75		2.46 b	1.89 b	3.88 a	29 b	27 b
ژنوتیپ 83		3.16 a	1.82 b	3.69 b	43 a	39 a
LSD (5%)		0.309	0.238	0.146	1.92	4.94
حاوی اندوفایت (E^+)		3.34 a	3.52 a	1.02 a	35 a	31 a
بدون اندوفایت (E^-)		2.08 b	2.11 b	0.78 b	30 b	29 a
LSD (5%)		0.253	0.194	0.119	1.569	4.04
60 E^+		2.82 c	4.58 a	1.22 ab	32 c	26 b
60 E^-		2.23 d	1.88 e	1.03 bc	20 d	23 b
75 E^+		3.34 b	3.85 b	1.30 a	37 b	27 b
75 E^-		1.58 e	2.94 c	0.47 d	22 d	26 b
83 E^+		3.86 a	2.13 d	0.54 d	48 a	39 a
83 E^-		2.45 cd	1.51 e	0.83 e	37 b	38 a

میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Means, in the same column, with different letters differ significantly at 5% probability level- Using Duncan Multiple Range Test.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک طوقه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در ژنوتیپ‌های ۶۰، ۷۵، ۸۳ و سطوح حضور و عدم حضور اندوفایت، در تیمار ٦ درجه سانتی گراد

Table 3. Analysis of variance for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in different genotypes and endophyte levels in 6 ˚C treatment

منبع تغییرات S.O.V.	صفات Trait	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوایی SDW	وزن خشک ریشه RDW	وزن خشک طوقه CDW	تعداد پنجه NT	رشد مجدد RG
Genotype	ژنوتیپ	2	0.81 **	7.25 **	2.52 **	732.67 **	8181.06 **
Endophyte	اندوفایت	1	0.61 *	2.19 **	1.05 **	174.22 *	7174.22 **
G × E	ژنوتیپ × اندوفایت	2	0.22 ns	0.12 ns	0.02 ns	22.22 ns	1276.72 **
Error	خطا	12	0.11	0.19	0.04	19.17	43
CV %	درصد ضریب تغییرات		25.90	17.96	14.62	15.27	17.71

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: non- significant

ns: غیرمعنی دار

جدول ٤- میانگین ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح اندوفایت و ترکیب این عوامل برای صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک طوقه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در تیمار ٦ درجه سانتی گراد

Table 4. Means of different genotypes, endophyte levels and combination of these factors for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in 6 ˚C treatment

تیمارها Treatments	صفات Trait	وزن خشک اندام هوایی (گرم) SDW (g)	وزن خشک ریشه (گرم) RDW (g)	وزن خشک طوقه (گرم) CDW (g)	تعداد پنجه NT	رشد مجدد (درصد) RG
ژنوتیپ 60		0.95 b	2.31 b	0.77 c	21 a	-78 c
ژنوتیپ 75		1.17 b	1.39 c	1.17 b	24 b	-5 a
ژنوتیپ 83		1.67 a	3.58 a	2.40 a	41 a	-28 b
LSD (5%)		0.412	0.548	0.244	5.50	8.25
حاوی اندوفایت (E^+)		1.45 a	2.77 a	1.57 a	32 a	-6 a
بدون اندوفایت (E^-)		1.08 b	2.08 b	1.09 b	26 b	-68 b
LSD (5%)		0.336	0.448	0.199	4.497	6.74
60 E^+		1.32 ab	2.78 b	1.05 cd	26 b	-57 c
60 E^-		0.58 c	1.84 c	0.50 e	16 c	-98 e
75 E^+		1.37 ab	1.77 cd	1.35 c	26 b	20 a
75 E^-		0.98 bc	1.01 d	0.99 d	22 bc	-30 b
83 E^+		1.66 a	3.77 a	2.31 a	43 a	20 a
83 E^-		1.69 a	3.38 ab	1.77 b	39 a	-75 d

میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Means, in the same column, with different letters differ significantly at 5% probability level- Using Duncan Multiple Range Test.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- تجزیه واریانس وزن خشک اندام هـوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک طوقه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در ژنوتیپ‌های ۶۰، ۷۵، ۸۳ و سطوح حضور و عدم حضور اندوفایت، در تیمار ۲- درجه سانتی گراد

Table 5. Analysis of variance for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in different genotypes and endophyte levels in -2 ˚C treatment

منبع تغییرات S.O.V.	صفات Trait	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوایی SDW	وزن خشک ریشه RDW	وزن خشک طوقه CDW	تعداد پنجه NT	رشد مجدد RG
Genotype	ژنوتیپ	2	1.46 **	0.12 ns	0.22 **	135.39 **	3.72 ns
Endophyte	اندوفایت	1	7.99 **	3.01 **	1.10 **	501.39 **	10.56 **
G × E	ژنوتیپ × اندوفایت	2	1.18 **	0.01 ns	0.03 ns	26.72 **	16.72 *
Error	خطا	12	0.05	0.07	0.02	2.39	3.33
CV %	درصد ضریب تغییرات		8.81	12.17	11.36	4.89	1.89

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively. * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: non- significant ns: غیرمعنی دار

جدول ٦- میانگین ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح اندوفایت و ترکیب این عـوامل برای صفات وزن خشک اندام هـوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک طوقه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در تیمار ۲- درجه سانتی گراد

Table 6. Means of different genotypes, endophyte levels and combination of these factors for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in -2 ˚C treatment

تیمارها Treatments	صفات Trait	وزن خشک اندام هوایی (گرم) SDW (g)	وزن خشک ریشه (گرم) RDW (g)	وزن خشک طوقه (گرم) CDW (g)	تعداد پنجه NT	رشد مجدد (درصد) RG
ژنوتیپ 60		2.07 b	2.27 a	0.88 b	27 c	-97 a
ژنوتیپ 75		2.29 ab	2.00 a	1.14 a	32 b	-97 a
ژنوتیپ 83		2.52 a	2.20 a	1.26 a	36 a	-96 a
LSD (5%)		0.291	0.331	0.156	1.944	2.30
حاوی اندوفایت (E^+)		2.63 a	2.57 a	1.34 a	37 a	-94 a
بدون اندوفایت (E^-)		1.96 b	1.75 b	0.85 b	26 b	-99 b
LSD (5%)		0.238	0.27	0.128	1.588	1.88
60 E^+		2.24 b	2.70 a	1.06 b	34 b	-96 bc
60 E^-		1.91 bc	1.85 b	0.70 c	20 d	-98 bcd
75 E^+		2.79 a	2.36 a	1.40 a	35 b	-95 b
75 E^-		1.78 c	1.64 b	0.88 bc	29 c	-99 cd
83 E^+		2.85 a	2.64 a	1.56 a	42 a	-91 a
83 E^-		2.20 b	1.76 b	0.95 b	31 c	-100 d

میانگین های دارای حروف غیر مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Means, in the same column, with different letters differ significantly at 5% probability level- Using Duncan Multiple Range Test.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- تجزیه واریانس وزن خشک اندام هـوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک طوقه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در ژنوتیپ‌های ۶۰، ۷۵، ۸۳ و سطوح حضور و عدم حضور اندوفایت، در تیمار ۱۰- درجه سانتی گراد

Table 7. Analysis of variance for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in different genotypes and endophyte levels in -10 ˚C treatment

منبع تغییرات S.O.V.	صفات Trait	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوایی SDW	وزن خشک ریشه RDW	وزن خشک طوقه CDW	تعداد پنجه NT	رشد مجدد RG
Genotype	ژنوتیپ	2	2.57 **	3.74 **	0.12 **	532.06 **	0.06 ns
Endophyte	اندوفایت	1	0.55 *	3.32 **	0.08 *	12.50 ns	6.72 ns
G × E	ژنوتیپ × اندوفایت	2	0.02 ns	0.06 ns	0.02 ns	6.50 ns	0.06 ns
Error	خطا	12	0.07	0.18	0.01	5.11	1.61
CV %	درصد ضریب تغییرات		15.21	18.76	9.28	7.28	1.28

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively. * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: non- significant ns: غیرمعنی دار

جدول ۸- میانگین ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح اندوفایت و ترکیب این عـوامل برای صفات وزن خشک اندام هـوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک طوقه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در تیمار ۱۰- درجه سانتی گراد

Table 8. Means of different genotypes, endophyte levels and composition of this factors for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in -10 ˚C treatment

تیمارها Treatments	صفات Trait	وزن خشک اندام هوایی (گرم) SDW (g)	وزن خشک ریشه (گرم) RDW (g)	وزن خشک طوقه (گرم) CDW (g)	تعداد پنجه NT	رشد مجدد (درصد) RG
ژنوتیپ 60		1.03 c	1.71 b	0.94 b	21 c	-99 a
ژنوتیپ 75		1.67 b	1.84 b	0.97 b	33 b	-99 a
ژنوتیپ 83		2.33 a	3.14 a	1.20 a	40 a	-99 a
LSD (5%)		0.323	0.527	0.121	2.844	1.59
حاوی اندوفایت (E^+)		1.86 a	2.66 a	1.10 a	32 a	-99 a
بدون اندوفایت (E^-)		1.51 b	1.80 b	0.97 b	30 a	-100 a
LSD (5%)		0.264	0.430	0.099	2.322	1.30
60 E^+		1.21 c	2.05 bc	1.00 bc	23 c	-99 a
60 E^-		0.84 c	1.38 c	0.89 c	19 c	-100 a
75 E^+		1.92 b	2.38 b	0.98 bc	33 b	-99 a
75 E^-		1.78 b	1.31 c	0.96 bc	32 b	-100 a
83 E^+		2.45 a	3.56 a	1.33 a	40 a	-99 a
83 E^-		2.22 ab	2.72 b	1.07 b	40 a	-100 a

میانگین های دارای حروف غیر مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Means, in the same column, with different letters differ significantly at 5% probability level- Using Duncan Multiple Range Test.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹- تجزیه واریانس وزن خشک اندام هـوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک طوقه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در ژنوتیپ‌های ۶۰، ۷۵، ۸۳ و سطوح حضور و عدم حضور اندوفایت

Table 9. Combined analysis of variance for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in different genotypes and endophyte levels

منبع تغییرات S.O.V.	صفات Trait	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوایی SDW	وزن خشک ریشه RDW	وزن خشک طوقه CDW	تعداد پنجه NT	رشد مجدد RG
Temperature	دما	3	0.78**	0.29*	0.58**	59.20 **	9659.07 **
Rep (Temp)	تکرار (دما)	4	0.05 ns	0.30*	0.03 ns	25.63 **	44.60 *
Genotype	ژنوتیپ	2	3.76**	5.07**	0.84**	1636.06 **	2457.10 **
Endophyte	اندوفایت	1	3.22**	15.92**	2.06**	654.01 **	5408 **
G * E	ژنوتیپ × اندوفایت	2	1.65**	1.49**	0.04 ns	122.89 **	378.88 **
T × G	دما × ژنوتیپ	6	0.27**	3.27**	0.77**	73.59 **	2025.04 **
T × E	دما × اندوفایت	3	0.12 ns	0.42*	0.15**	59.53 **	3963.30 **
T × G × E	دما × ژنوتیپ × اندوفایت	6	0.87**	1.13**	0.17**	74.91 **	305.44 **
Error	خطا	44	0.07	0.10	0.02	5.58	13.23
CV%	درصد ضریب تغییرات		13.65	13.92	12.42	7.62	7.17

*and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively. * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: non- significant ns: غیرمعنی دار

جدول ۱۰- میانگین ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح اندوفایت، سطوح دمایی و ترکیب ژنوتیپ× اندوفایت برای صفات وزن خشک اندام هـوایی ، وزن خشک ریشه، وزن خشک طوقه، تعداد پنجه و رشد مجدد

Table 10. Means of different genotypes, endophyte levels, temperature levels and combination of genotype × endophyte for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG)

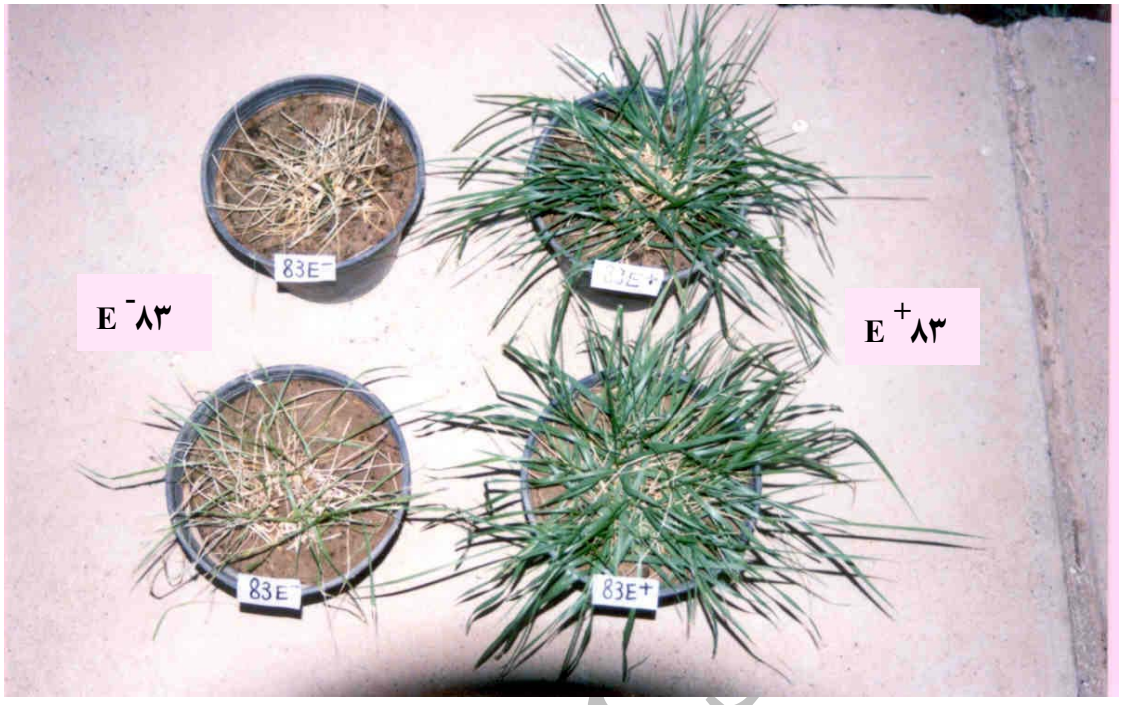
تیمارها Treatments	صفات Trait وزن خشک اندام هوایی (گرم) SDW (g)	وزن خشک ریشه (گرم) RDW (g)	وزن خشک طوقه (گرم) CDW (g)	تعداد پنجه NT	رشد مجدد (درصد) RG
ژنوتیپ 60	1.64 c	2.38 b	0.93 c	24 c	- 62 c
ژنوتیپ 75	1.90 b	1.78 c	1.04 b	29 b	- 44 a
ژنوتیپ 83	2.42 a	2.69 a	1.30 a	40 a	- 46 b
LSD (5%)	0.158	0.185	0.079	1.374	2.78
حاوی اندوفایت (E^+)	2.31a	2.88 a	1.26 a	34 a	- 42 a
بدون اندوفایت (E^-)	1.66 b	1.93 b	0.92 b	28 b	- 59 b
LSD (5%)	0.129	0.151	0.064	1.122	2.27
شاهد(Control)	2.71a	2.31 a	0.90 c	33 a	30 a
6 ˚C (T_1)	1.26 c	2.43 a	1.33 a	29 a	- 37 b
–2˚C (T_2)	2.29 a	2.16 a	1.09 b	32 a	- 97 c
–10 ˚C (T_3)	1.69 b	2.23 a	1.04 bc	31 a	- 99 c
LSD (5%)	0.208	0.507	0.150	4.685	9.24
60 E^+	1.90 c	3.03 a	1.08 c	29 d	- 57 d
60 E^-	1.39 d	1.74 c	0.78 d	19 f	- 68 e
75 E^+	2.35 b	2.59 b	1.26 b	33 c	- 37 b
75 E^-	1.45 d	1.72 d	0.82 d	26 e	- 51 c
83 E^+	2.70 a	3.02 a	1.44 a	41 a	- 33 a
83 E^-	2.14 b	2.34 b	1.16 bc	39 b	- 59 d

میانگین های دارای حروف غیر مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Means, in the same column, with different letters differ significantly at 5% probability level- Using Duncan Multiple Range Test.

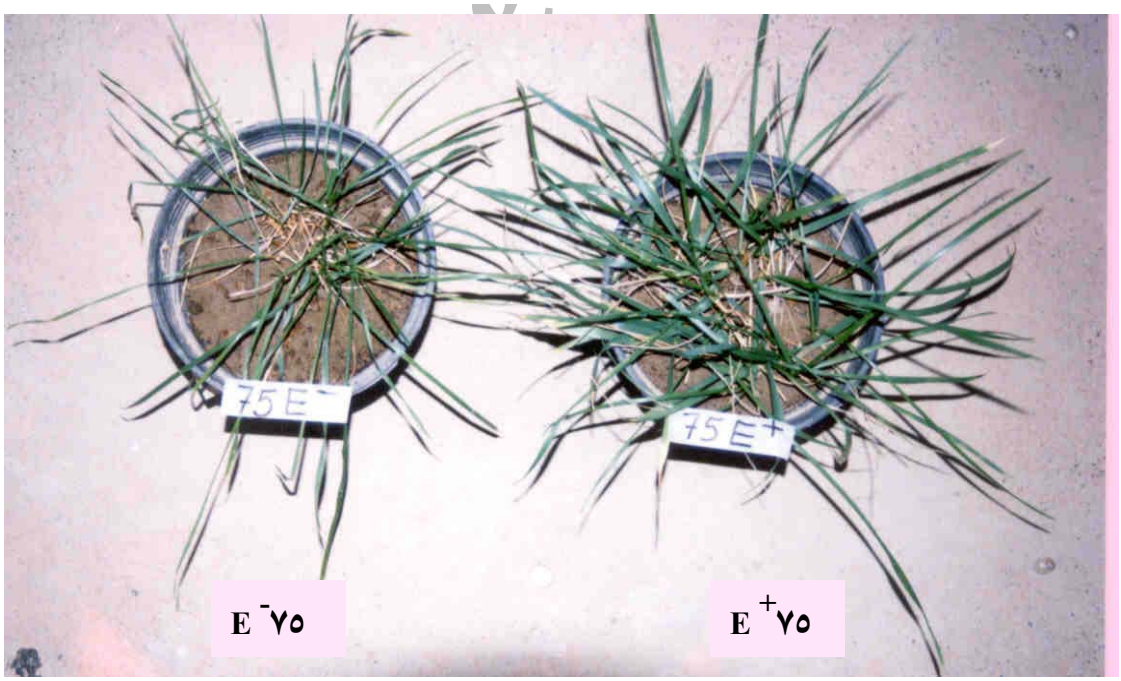
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- رشد مجدد ژنوتیپ شماره ۸۳ حاوی اندوفایت (سمت راست) و عاری از اندوفایت (سمت چپ)، یک ماه پس از رفع تنش سرمایی ٦ درجه سانتی گراد

Fig. 1. Regrowth of genotype $83E^{+}$ (right) and genotype $83E^{-}$ (left), one month after termination of cold stress (6˚C).



شکل ۲- رشد مجدد ژنوتیپ شماره ۷۵ حاوی اندوفایت (سمت راست) و عاری از اندوفایت (سمت چپ)، یک ماه پس از رفع تنش سرمایی ٦ درجه سانتی گراد

Fig. 2. Regrowth of genotype $75E^{+}$ (right) and genotype $75E^{-}$ (left), one month after termination of cold stress (6˚C).

www.SID.ir

منابع مورد استفاده Reference

میرمحمدي ميبدي، ع. م.، ۱۳۷۹. جنبه‌های فیزیولوژیکی و به نژادی سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی. انتشارات گلبن اصفهان، ۲۲۳ صفحه.

Adak, M. S. and D. Eser. 1993. Effect of fall growth and development on winter hardiness in barley, RACHIS. 12: 11-14.

Arachevaleta, M., C. W. Bacon, C. S. Hoveland and D. E. Radcliffe. 1989. Effect of the tall fescue endophyte on plant response to environmental stress. Agron. J. 81: 83-90.

Bacon, C. W., M. O. Richardson and J. F. White. 1997. Modification and uses of endophyte-enhanced turf grass: A role for molecular technology. Crop Sci. 37: 1415- 1425.

De Battista, J. P., J. H. Bouton, C. W. Bacon and M. R. Siegel. 1990. Rhizome and herbage production of endophyte removed tall fescue clones and populations. Agron. J. 82: 651-654.

Hill, N. S., W. C. Stringer, G. E. Rothinghous, D. P. Belesky, W. A. Parrot and D. D. Pope. 1990. Growth, morphological, and chemical component responses of tall fescue to *Acremonium* Coenophialam. Crop sci. 30: 156-161.

Holder, T. L., C. P. West, K. E. Turner, M. E. Mc Connell and E. L. Piper. 1994. Incidence and viability of *Acremonium* endophytes in tall fescue and meadow fescue plant introductions. Crop Sci. 34: 232-254.

Latch, G. C. M. 1998. Grass endophytes as a model. Endophytism in plant pathology. The International Congress of Plant Pathology. Edinburgh. Scotland.

Liu, H. B., J. R. Heckman and J. A. Murphy. 1996. Screening fine fescue for aluminum tolerance. J. Plant Nutr. 19: 677-688.

Malinowski, D., A. Leuchtmann and D. Schmidt. 1997. Symbiosis with *Neotyphodium uncinatum* endophyte may increase. The competitive ability of meadow fescue. Agron. J. 89: 833-839.

Malinowski, D. P. and D. P. Belesky. 2000. Adaptations of endophyte infect-cool season grasses to environmental stresses: Mechanism of drought and mineral stress tolerance. Crop Sci. 40: 923-940.

Marks, S. and K. Clay. 1996. Physiological responses of *Festuca arundinaceae* to fungal endophyte infection. New Phytol. 133: 727-733.

Olien, C. R. and M. N. Smith (Eds.), 1981. Analysis and improvement of plant cold hardiness. CRC Press. Boca Raton. Fl. P. 215.

Richardson, M. D., Jr. Chapman, C. S. Hovland and C. W. Bacon. 1992. Sugar alkohols in endophyte-infected tall fescue. Crop Sci. 32: 1060-1061.

Saha, D. C., M. A. Jachson and J. M. Johnson-Cicalese. 1988. A rapid staining method for detection of endophytic fungi in turf and forage grasses. Phytophatol. 78:237-239.

Shelby, R. A. and L. W. Dalrymple. 1987. Incidence and distribution of the tall fescue endophyte in the United States. Plant Dis. 71:738-786.

Siegel, M. R., D. R. Varney, M. C. Jhnson, W. C. Nesmith, R. C. Bukner, L. P. Bush, P. B. Burrus and J. R. Hordson. 1981. A fungal endophyte of tall fescue: evaluation of control methods. Phytopathol. 74: 937-941.

White, J. F. 1987. Wide speed distribution of endophytes in Poaceae. Plant Dis. 71(4): 340- 342.

Archive of SID

www.SID.ir

The morphological changes affected by endophytes on induction of cold tolerance in two species of festuca

M. Parsaeian[1], A. Mirlohi[2], A. Rezaie[3] and M. Baradaran[4]

ABSTRACT

To analyze the morphological changes affected by endophytes on induction of cold tolerance in two species of festuca, an experiment was done at Isfahan University of Technology in 2002.Endophyte-infected and non-infected clones from two genotypes of tall fescue and one meadow fescue were prepared and numbered 75,83 and 60 respectively. The clone were exposed to cold treatment at 20 C. After three weeks of cold treatments, shoot, root and crown dry weight, number of tillers, cuticle thickness and finally amount of regrowth were measured. The presence of endophytes had significant effect on increasing the dry weight of shoot, root, crown and number of tillers. Endophytic fungi had not significant effect in cuticle thickness. Evaluation of regrowth after termination of stress condition showed that endophytes increase the plant ability to survive and recover from exposure to cold stress environment. Among plant genotypes, 83 was better for most characteristics, specially in the presence of endophyte and showed higher cold tolerance.

Key words: Endophytic fungi, Cold tolerance, Festuca, Morphological trait.

Archive of SID

Received: August, 2004

1- Ph. D. Student, Industrial University of Isfahan, Isfahan, Iran (Corresponding author)
2- Associate Professor, Industrial University of Isfahan, Isfahan, Iran.
3- Professor, Industrial University of Isfahan, Isfahan, Iran.
4- Ph. D. Student, Tabriz University, Tabriz, Iran.

www.SID.ir